

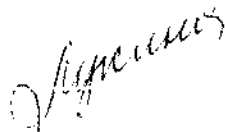
0-735546

На правах рукописи  
УДК 574: 581.9: 502.654

Лукина Наталия Валентиновна

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛОРЫ И  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗОЛОТВАЛОВ  
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

03.00.16 -экология,  
03.00.05-ботаника



Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Екатеринбург  
2002

Работа выполнена в Уральском государственном университете им. А. М. Горького

Научный руководитель. кандидат биологических наук, старший научный  
сотрудник

ЧИБРИК ТАМАРА СЕМЕНОВНА

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
ТАРШИС ГАЛИНА ИЛЬИНИЧНА

доктор биологических наук, профессор  
КУЛАГИН АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

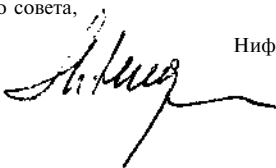
Ведущая организация: Центральный сибирский ботанический сад СО РАН

Защита диссертации состоится « 10 » \_\_\_\_\_ 12\_\_\_\_\_2002 года в 14\_\_часов на  
заседании Диссертационного совета Д 004.005.01 в Институте экологии растений и  
животных УрО РАН по адресу: 620144. г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии растений и  
животных УрО РАН

Автореферат разослан « 09 » \_\_\_\_\_12\_\_\_\_\_2002 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Нифонтова М. Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы.** Интенсификация общественного производства сопровождается усилением эксплуатации природных ресурсов, что ведет к увеличению отрицательного влияния промышленности на природные ландшафты. В настоящее время распространенность техногенных ландшафтов позволяет говорить о замене ими в ряде регионов естественных. Поскольку процессы естественного восстановления нарушенных территорий замедлены, человек вынужден принимать меры по ускорению регенерации или целенаправленному формированию продуктивных искусственных растительных сообществ. Среди разнообразных форм антропогенного нарушения целостности ландшафтов не последнее место занимают золоотвалы тепловых электростанций. Большие площади подобных отвалов, их негативное влияние на окружающую среду требуют разработки методов рекультивации. Важным является определение тенденций, направленности и темпов естественного восстановления растительного покрова на нарушенных участках, создание и включение искусственных фитоценозов в естественные зональные экосистемы.

**Цель и задачи исследования.** Основная цель нашего исследования заключалась в изучении особенностей формирования флоры и растительности на золоотвалах тепловых электростанций в разных зонально-климатических условиях, в определении направленности и темпов трансформации культурфитоценозов и фитоценозов, формирующихся на участках самозарастания.

Для этого необходимо было решить следующие задачи:

1. Дать наиболее полную геоботаническую характеристику растительных сообществ, формирующихся на золоотвалах в разных зонально-климатических условиях в зависимости от рекультивационных мероприятий и от свойств субстрата.
2. Выявить изменения, произошедшие в них через 10-15, 20-25 и 30-35 лет с момента их образования, вскрыть направленность и темпы трансформации культурфитоценозов и фитоценозов, формирующихся на участках самозарастания, охарактеризовать динамику этих процессов.
3. Проследить динамику биоэкологических спектров флоры золоотвалов с целью выявления направленности формирования растительных сообществ, расположенных в разных зонально-климатических условиях.
4. Оценить производительность отдельных культурфитоценозов в сравнении с участками самозарастания, охарактеризовать динамику этих процессов.

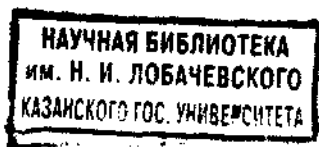
5. Изучить явление микосимбиотрофизма у произрастающих на золоотвалах видов растений, определить долю участия микотрофных видов в зависимости от проведенных рекультивационных мероприятий, определить степень микотрофности видов в зависимости от экологических условий.

**Научная новизна.** Впервые проведено долговременное изучение особенностей формирования флоры и растительности в условиях золоотвалов тепловых электростанций, расположенных в таежной и лесостепной зонах, через 10-15, 20-25 и 30-35 лет после проведения биологической рекультивации. Показаны направленность и темпы трансформации культурфитоценозов и фитоценозов, формирующихся на участках самозарастания в зависимости от экотопа и возраста сообществ.

Изучено явление микосимбиотрофизма у произрастающих на золоотвалах травянистых видов, которое рассматривается в качестве показателя формирования функциональных связей формирующихся фитоценозов. Установлена зависимость значений микотрофности травянистых видов от субстрата, таксономической принадлежности растения-хозяина.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Работа выполнялась как раздел комплексных исследований по темам: «Разработка способов биологической рекультивации на нарушенных промышленностью землях»; «Исследование состава, структуры и биоразнообразия фитоценозов техногенных ландшафтов (на примере Урала)» Проблемной лаборатории антропогенной динамики экосистем и биологической рекультивации при кафедре экологии УрГУ в рамках программы НИР лаборатории, а также в рамках программы РФФИ «Урал» грант № 01-04-96426. Результаты исследования вошли в отчеты лаборатории. Полученные в результате проведенных исследований данные позволяют дать оценку эффективности методов биологической рекультивации золоотвалов в лесной и лесостепной зонах, показывают этапы формирования растительных сообществ в условиях золоотвалов в зависимости от свойств субстрата, а также трансформацию культурфитоценозов и скорости протекания этих процессов в зависимости от зонально-климатических условий. Результаты работы могут быть использованы как экологическая основа разработки способов биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций.

Сведения о разнообразии и динамике флоры и растительности золоотвалов, а также собранный научный гербарий используются в учебной и научной работе кафедры экологии УрГУ им. А.М. Горького.



### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. На золоотвале в таежной зоне на рекультивированной территории идет формирование лесных фитоценозов с преобладанием *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Betula pubescens*. На «чистой» золе на первых этапах формирование растительности задерживается, со временем, при поддержании скашиванием, формируются луговые фитоценозы с доминированием *Deschampsia cespitosa* с подростом древесных видов.

2. На золоотвале в лесостепной зоне после покрытия слоем почвы и посева многолетних трав сразу формируются продуктивные культурфитоценозы, через 10-15 лет происходит выпадение культурных видов из состава сообществ, через 35 лет формируется разнотравно-полынно-злаковый фитоценоз с доминированием *Poa pratensis* и подсеянного позднее *Agropyron cristatum*. На «чистой» золе формирование растительности идет медленно от простых несомкнутых растительных группировок с господством полыней к разнотравно-злаково-полынному фитоценозу с преобладанием *Artemisia dracunculus*, *Festuca pseudovina*, *Calamagrostis epigeios*, *Poa pratensis*.

3. При формировании парциальной флоры золоотвала в таежной зоне наблюдается значительное увеличение видового разнообразия, в лесостепной зоне с увеличением возраста происходит снижение видового разнообразия. Трансформация исследуемых флор идет по пути сближения с зональной растительностью.

4. Растительные сообщества, формирующиеся на золоотвалах сложены, в основном, микотрофными видами. Наиболее высокие показатели микотрофности имеют доминанты и субдоминанты растительных сообществ.

**Апробация.** Основные положения диссертационной работы были доложены на 2-ой Международной научно-практической конференции «Экология и охрана окружающей среды» (Пермь, 1995); на научной конференции «Б. П. Колесников - выдающийся отечественный лесовед и эколог. К 90-летию со дня рождения» (Екатеринбург, 1999); на конференции молодых ученых «Биосфера и человечество», посвященной памяти Н.В. Тимофеева-Ресовского (Екатеринбург, 2000); на Международном совещании «Биологическая рекультивация нарушенных земель» (Екатеринбург, 2002).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 13 работ, из них 3 статьи и 10 тезисов докладов.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, приложений. Работа изложена на 103 страницах машинописного текста, содержит 26 таблиц и 9 рисунков, а также приложений

объемом 58 страниц. Библиография включает 173 наименований отечественных и зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В главе приводится обзор литературы по вопросам изучения способов биологической рекультивации и процессов естественного зарастания золоотвалов тепловых электростанций. Рассматриваются вопросы, посвященные изучению микосимбиотрофизма, как формы консортивных связей высших растений с микоризными грибами.

### ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Общая характеристика природных условий районов исследования

В данной главе приведена краткая характеристика рельефа, гидрологического режима, климата, почвенного покрова и растительности Среднего и Южного Урала и районов исследований в частности.

#### 2.2. Характеристика объектов исследования

В качестве объектов исследования были выбраны формирующиеся фитоценозы на золоотвалах Верхнетагильской (ВТГРЭС - 125 га) и Южноуральской (ЮУГРЭС - 68 га) тепловых электростанций, расположенных соответственно в таежной (подзона южной тайги) и лесостепной зонах. Возраст золоотвалов примерно одинаков, подача пульпы прекращена в начале 60-х годов. В 1964-1966 гг. проведена рекультивация золоотвала ЮУГРЭС с покрытием всей его поверхности слоем черноземной почвы и посевом многолетних трав. Сравнительные исследования проводились на одновозрастных участках «чистой» золы, расположенных рядом с рекультивированным золоотвалом на месте карьера суглинков. Биологическая рекультивация на части золоотвала ВТГРЭС начата в 1968—1970 гг. и продолжалась в последующие годы. Применялось нанесение слоя глинистого фунта толщиной 10-15 см полосами шириной 7-10 м с таким же межполосным пространством с ориентацией полос перпендикулярно господствующему направлению ветра. Золоотвалы сложены золой углей шахт и разрезов Челябинского угольного бассейна, они характеризуются значительным однообразием свойств субстрата по физическим и химическим свойствам, относительно ровной поверхностью. Наличие рекультивированных участков дает возможность проследить динамику формирования фитоценозов в зависимости от возраста и свойств субстрата.

## **2.3. Методы исследования и объем выполненных работ**

Наша работа является продолжением исследований, начатых на золоотвалах тепловых электростанций Лабораторией промышленной ботаники биологического факультета Уральского университета в 1959 г. по инициативе и под руководством В. В. Тарчевского. Нами были изучены особенности формирования флоры и растительности в условиях золоотвалов тепловых электростанций через 10-15, 20-25 и 30-35 лет после проведения биологической рекультивации как на участках самозарастания золы и золы с покрытием, так и на участках с посевом трав.

Геоботаническое описание растительности на всех исследуемых ключевых участках проводилось по общепринятой методике (Корчагин, 1974; Понятовская, 1964). Собрано более 400 листов гербария. Флористический анализ был проведен в соответствии с принципами, разработанными Толмачевым (1974), Б.А. Юрцевым и Р.В. Камелиным (Юрцев, 1968; Юрцев, Камелин, 1991). Био- и экоморфологическая характеристика видов дана по литературным данным (Левина, 1957; Куминова, 1960; Борисова и др., 1961; Быков, 1960-1965; Мартыненко, 1987, 1989; Флора СССР, 1934-1960, том 1-30; Никитин, 1985; Туганаев, Пузырев, 1988; Толмачев, 1974; Горчаковский, Шурова и др., 1994) и с учетом личных наблюдений. В основу классификации географических элементов положен «принцип географических координат», предложенный Б. А. Юрцевым (1968). При анализе жизненных форм используется система, предложенная Серебряковым (Серебряков, 1962, 1964).

Выделение стадий сингенеза проводилось на основе схемы, предложенной А.Г. Вороновым (1963, 1973) с уточнением Л.Я. Курочкиной и В.В. Вухер (1987). Исследование микотрофности травянистых растений проводилось по общепринятой методике, разработанной в лаборатории ботаники Пермского педагогического института (Селиванов, 1981).

## **ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗОЛООТВАЛАХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Результатом 20-летних наблюдений явилась разработка схем формирования фитоценозов на золоотвалах, построенных на основе реальных датированных геоботанических описаний в зависимости от экотопа.

### **3.1. Формирование растительности на золоотвале**

#### **Верхнетагильской ГРЭС**

Через 10 лет после проведения биологической рекультивации на золоотвале ВТГРЭС наблюдалось разнообразие экотопов, которые можно объединить в следующие группы: это значительные площади нерекультивированной «чистой» золы (I), имеющие разную степень увлажнения

(от сухих к умеренно увлажненным до остаточных понижений, периодически затопляемых водой); рекультивированная территория с полосным нанесением фунта и посевом многолетних трав (Па); рекультивированная территория с полосным нанесением грунта, оставленная под самозарастание (Пб, Пв) (рис. 1).

На участках «чистой» золы на начальных этапах при достаточном увлажнении субстрата формируются бескильничевые группировки (*Puccinella distans*, *P. hauptiana*). На участках самозарастания рекультивированной территории на полосах грунта формируются злаково-разнотравные растительные группировки с преобладанием *Elytrigia repens*, *Poa pratensis*, *Deschampsia cespitosa*, *Artemisia vulgaris*. На междуполосном пространстве на «чистой» золе формируются более обедненные по видовому составу, разреженные растительные группировки с высоким обилием *Melilotus officinalis* и *M. albus* и значительным участием *Deschampsia cespitosa* и *Festuca rubra*. Отмечается появление подрастающих древесных и кустарниковых растений.

Через 30 лет после проведения биологической рекультивации на золоотвале ВТГРЭС на «чистой» золе (Ia) сформировались заросли вейника наземного с незначительным участием других видов, с рединой ив и берез, и очень густые заросли ив (8 видов) с примесью *Betula pendula*, *B. pubescens* и *Populus tremula*. При благоприятном увлажнении (Iб) формирование сообществ ускоряется и в течение 20 лет сформировались на десятках гектаров щучковый луг (доминант *Deschampsia cespitosa*), закустаренный щучковый луг и клеверо-мятликово-щучковый луг (*Trifolium repens*, *Poa trivialis*). Около заполненных водой понижений формируются разные варианты прибрежной растительности. На первично рекультивированных территориях на полосах с нанесенным фунтом при посеве многолетних трав (Ha) в первые годы активно осуществлялись выпас и частичное скашивание. В результате за 30 лет сформировались разнотравно-злаковые и разнотравные растительные сообщества с рединой сосны обыкновенной и берез. Деревья, разрастаясь, усиливают свою эдификаторную роль. На полосах с фунтом без посева трав формирование лесных фитоценозов ускоряется, так как исключается скашивание, замедляется задернение поверхности и формирование травянистых сообществ лугового типа.

На значительной части золоотвала в результате самозарастания золы и фунта (Пб) формируются лесные фитоценозы зонального типа с существенной долей участия, а иногда с доминированием *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*. Появляются единичные всходы хвойных пород: *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*. Формирует -



Эко- топ	Возраст, лет				
	5		10		15 ... 25
1	a	Экотопическая бескильницевая или разнотравная растительная группировка (ЭГ)		Простая растительная группировка (ПГ)	→→ Заросли вейника с рединой ив и берез (Ф)
	б	ЭГ: - водорослево-моховая; - бескильницевая; - разнотравно-злаковая	ПГ: - разнотравно-злаковая; - злаково-разнотравная	Сложная растительная группировка (СГ): - злаковая; - разнотравно-злаковая; - бобово-злаковая	→→ Густые заросли ив с примесью берез и осин (Ф)
	в			Одиночные островки растительных группировок гидрогигрофитного типа	→→ Щучковый луг с подростом берез пушистой и повислой, ив (Ф) Закустаренный щучковый луг (Ф) Клеверо-мятликово-овсяницево-щучковый луг (Ф)
				→→→→→	
2	a	Культур-фитоценоз+сорняки-апофиты	СГ: - высокотравно-злаковая; - разнотравно-злаковая с большой долей культурных видов	Разнотравно-злаковый фитоценоз с подростом древесных	→→ Десной фитоценоз с достаточно выработанными древесным, кустарниковым, травянистым и моховым ярусами (Ф)
	б	ПГ: - злаково-разнотравная с древесными	СГ: - разнотравно-злаковая, - злаково-разнотравная со всходами и подростом деревьев и кустарников	Песной фитоценоз: заросли древесных со слабо выработанным травянисто-кустарниковым ярусом	→→ Лесной фитоценоз с ясно выраженными древесным, кустарниковым, травянистым и моховым ярусами (Ф)
	в	ЭГ: - разнотравная	ПГ: - разнотравная; - разнотравно-злаковая; - всходы древесных	СГ: - разнотравная со всходами древесных; - разнотравно-злаково-красноовсянице- вая; - массовые всходы и подрост древесных	→→ Заросли лиственных пород со слабо выработанным травянисто-кустарниковым ярусом, сильной замшелостью (Ф)

Рис. 1. Схема формирования фитоценозов на золоотвале ВТГРЭС

\* ЭГ - экотопическая растительная группировка (0,1 %); ПГ - простая растительная группировка (0,1-5 %); СГ - сложная растительная группировка (6-50 %); Ф - фитоценоз (более 50 %). Процент означает проективное покрытие поверхности золоотвала растениями.

ся кустарниковый ярус из *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, начинает формироваться разреженный кустарниковый ярус.

На вторично рекультивированной территории при раскорчевке деревьев и кустарников, сплошном нанесении слоя торфа и посеве многолетних трав с использованием комплекса органических и минеральных удобрений, созданы продуктивные пастбищно-сенокосные угодья.

### **3.2. Формирование растительности на золоотвалах Южноуральской ГРЭС**

При изучении формирования растительности на золоотвалах Южноуральской ГРЭС были выделены следующие экотопы: 1 - «чистая» зола с покрытием слоем черноземной почвы и посевом многолетних трав; 2 - «чистая» зола без покрытия (рис. 2.).

Изучение трансформации растительности на золоотвалах Южноуральской ГРЭС, расположенных в лесостепной зоне, показало, что после проведения биологической рекультивации сразу формируются продуктивные и хозяйственно ценные сообщества с преобладанием высеванных видов: *Onobrychis arenaria*, *Medicago media*, *Bromopsis inermis*. Отсутствие ухода за посевами, а также их вытаптывание и стравливание скотом при выпасе ускорили распад и деградацию культурфитоценозов. При дальнейшей их трансформации произошло постепенное за 10-15 лет вытеснение культурных видов (особенно бобовых) дикорастущими. Подсеянный позднее, через 10 лет после первого посева, *Agropyron cristatum* успешно расселяется по золоотвалу, частично внедряясь в сообщества на «чистой» золе. Формирование растительных сообществ идет по пути сближения с луговыми степями.

Исследования, проведенные через 35 лет после биологической рекультивации показали, что на рекультивированном золоотвале сформировался разнотравно-полынно-злаковый фитоценоз. Из злаков преобладают: *Agropyron cristatum*, *Elytrigia repens*, и *Bromopsis inermis*, местами сохранившийся преимущественно за счет вегетативного размножения, из разнотравья: *Euphorbia waldsteinii*, *Artemisia dracunculus*. Трансформация культурфитоценозов сопровождается их ксерофитизацией и идет по пути формирования травянистых сообществ, приближающихся к луговым степям с преобладанием *Agropyron cristatum* (на части золоотвала, не подверженной выпасу) и *Poa pratensis*.

На участках самозаращания «чистой» золы формирование растительного покрова задерживается на 10-15 лет, идет медленно от простых несомкнутых разнотравно-полынных растительных группировок, в состав которых входят наиболее устойчивые к произрастанию на зольном субстрате виды местной флоры (*Artemisia dracunculus*, *A. campestris*, *Achillea nobilis*, *Potentilla bifurca* и другие), среди которых много сорно-

Год  
наблюдений,  
возраст

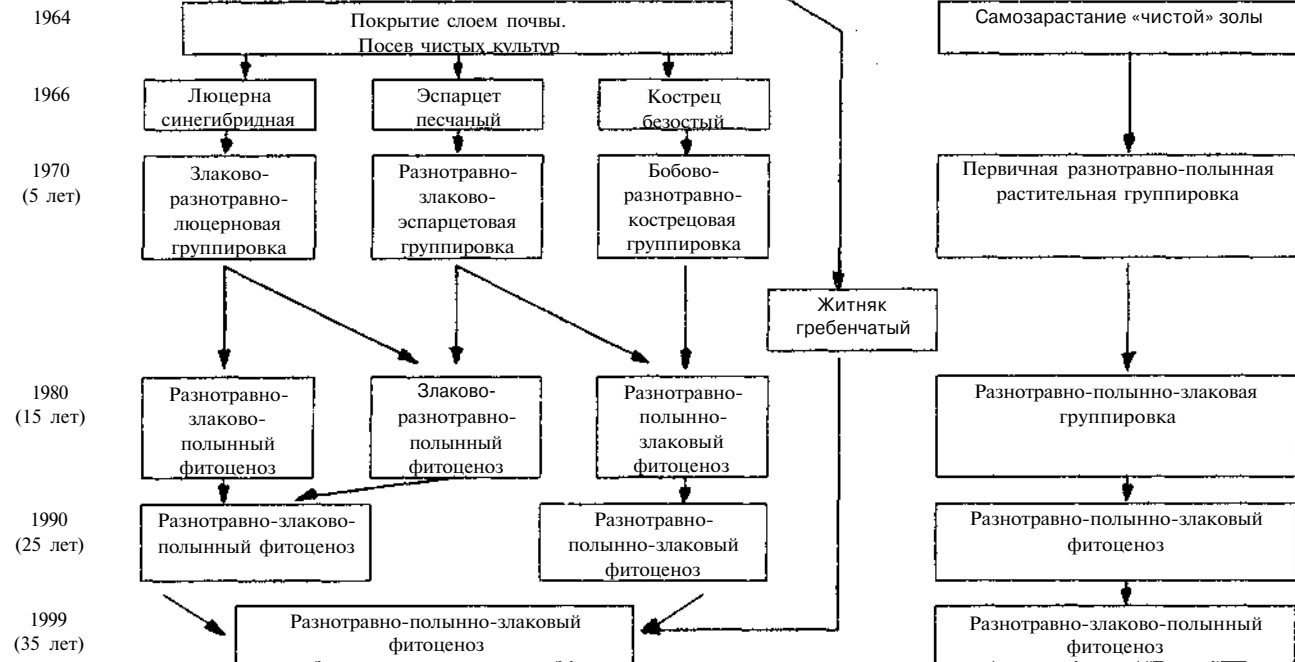


Рис.2.

Схема формирования фитоценозов на золоотвале лесостепной зоны в зависимости от экотопа

рудеральных (*Artemisia absinthium*, *Berteroa incana*, *Erysimum cheirantoides*), к более сложным по видовому составу разнотравно-полынным фитоценозам.

Через 35 лет на «чистой» золе формируется разнотравно-полынно-злаковый фитоценоз с преобладанием *Festuca pseudovina*, *Poa pratensis*, *Calamagrostis epigeios*, *Artemisia dracunculus*.

Сравнение одновозрастных исследованных растительных сообществ показало, что на золе сформировались обедненные по видовому составу, разреженные и менее ценные в хозяйственном отношении растительные сообщества, чем на золе с покрытием почвой.

## **ГЛАВА 4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ НА ЗОЛОТВАЛАХ**

На золоотвалах Верхнетагильской и Южноуральской ГРЭС прослежена динамика формирования флоры.

### **4.1. Анализ динамики биоэкологической структуры флоры золоотвала Верхнетагильской ГРЭС**

В растительных сообществах золоотвала ВТГРЭС с момента их образования и в последующие годы наблюдалось постоянное увеличение видового разнообразия флоры. За 24 года (с 1976г. по 2000г.) количество видов увеличилось в 2,6 раза и достигло 170 видов.

По продолжительности жизни фиторазнообразие флоры золоотвала обогащалось, преимущественно, за счет многолетников, число которых за 24 года возросло в 3,2 раза, а доля увеличилась с 64,7% до 79,4%.

Анализ динамики экоморф в структуре флоры показал, что наблюдается численное увеличение практически всех выделенных групп видов, но процентная структура остается близкой к исходной: преобладают мезофиты (65,9 %), четко выделяются почти равновесные группы более ксерофитных видов (18,3 %) и влажных местообитаний (15,8 %).

К 2000 г. во флоре золоотвала ВТГРЭС наблюдается изменение в соотношении ценотических групп: значительно возрастает количество и доля лесных видов (от 6,2 % - 4 вида в 1976 г. до 21,2 % - 36 видов к 2000 г), существенно уменьшается доля сорно-рудеральных и лугово-сорных видов (с 47,8 % - 1976 г. до 26,4 % - 2000 г.). Доля луговых и лугово-лесных видов практически не меняется (39,9-38,9 %).

За 24 года в структуре биоморф флоры золоотвала значительно увеличилась доля древесных видов (от 4,6% до 29,6%), произошло уменьшение доли малолетних трав (от 29,2 % до 17,1 %), доля многолетних трав не изменилась. Анализ динамики парциальной флоры золоотвала ВТГРЭС по географическим элементам показывает, что при

общем увеличении абсолютного числа видов во всех выявленных широтных группах, наблюдается увеличение доли бореальных видов (от 64,6 % в 1976 г. до 71,2 % в 2000 г.) и уменьшение доли полизональных видов (26,2 % - 14,7 %). Среди долготных групп наблюдается увеличение доли евразийских видов (от 44,6 % до 58,8 %).

#### **4.2. Анализ динамики биоэкологической структуры флоры золоотвалов Южноуральской ГРЭС**

Динамика фиторазнообразия и биоэкологической структуры флоры золоотвалов Южноуральской ГРЭС прослежена в течение 19 лет на примере парциальных флор двух одновозрастных золоотвалов: рекультивированного с покрытием почвой и посевом многолетних трав и золоотвала, где флора формировалась на «чистой» золе без покрытия. В первом случае формирование флоры шло в результате трансформации 14-летних культурфитоценозов, уход за которыми к 1980 г. в течение последних 10 лет не проводился, во втором случае - в процессе самозарастания. На обоих золоотвалах снизилось видовое разнообразие флор с 87 до 50 и с 60 до 37 видов соответственно на золе с покрытием и на «чистой» золе.

Анализ динамики биоэкологической структуры парциальных флор золоотвалов показал следующее. По продолжительности жизни ведущую роль в структуре флоры играют многолетние виды, на рекультивированном золоотвале их доля за исследуемый период незначительно возросла (56,4 % - 1980 г. и 58,0 % - 1999 г.), на «чистой» золе увеличилась с 53,4 % до 62,2 %.

За 19 лет структура экоморф рекультивированного золоотвала практически не изменилась: основу ее составили мезофиты (42,2 %), ксеромезофиты (32,0 %) и мезоксерофиты (18,0 %). На «чистой» золе за этот же период произошла значительная ксерофитизация видового состава (увеличилась доля ксеромезофитных видов), мезофиты составили 29,8%, ксеромезофиты - 48,6% и мезоксерофиты — 13,5 %.

Анализ структуры флоры золоотвала по ценоотическим группам показал, что на рекультивированном золоотвале и на «чистой» золе преобладают группы сорно-рудеральных и лугово-сорных видов, их доля с увеличением возраста золоотвалов практически не меняется. Значительное участие в структуре флоры принимают группы лугово-степных и степных видов, на «чистой» золе их доля - увеличивается, на рекультивированном золоотвале наблюдается небольшой рост группы луговых видов. Анализ географической структуры парциальной флоры золоотвалов показал, что на рекультивированном золоотвале и на «чистой» золе среди широтных групп преобладают группы лесостепных и степных видов, значительную часть составляют полизональные виды. За 19 лет географическая структура флоры на рекультивированном золоотвале не изме-

нилась, на «чистой» золе наблюдается уменьшение доли полизональных видов. Среди долготных групп как на рекультивированном золоотвале, так и на «чистой» золе преобладает группа евразийских видов.

В структуре биоморф как на рекультивированном золоотвале, так и на «чистой» золе преобладают многолетние травы – 62,0% и 62,6 % соответственно.

#### **4.3. Анализ систематической структуры флоры золоотвалов**

Изучение парциальной флоры золоотвала Верхнетагильской ГРЭС (таёжная зона) показало, что через 10 лет после проведения биологической рекультивации (1980 г.) в формирующихся растительных сообществах золоотвала произрастало 113 видов высших сосудистых растений, относящихся к 95 родам и 27 семействам.

Через 20 лет (2000г.) видовое богатство флоры значительно увеличилось. Было выявлено 170 видов высших сосудистых растений, относящихся к 118 родам и 33 семействам.

За 20 лет значительно увеличилось количество древесных видов (с 13 до 25), что составляет 14,7 % от общего количества видов. Древесные виды представлены, в основном, семействами: *Salicaceae* (10 видов), *Pinaceae* (5 видов), *Rosaceae* (4 вида), *Betulaceae* (3 вида).

Ведущие 10 семейств включают 72,8 % всех видов флоры. За 20 лет на золоотвале ВТГРЭС произошло значительное увеличение видового богатства за счет увеличения общего количества видов почти во всех семействах, а также появление видов новых семейств (*Сурегасеae*, *Ophioglossaceae*, *Pyrolaceae*, *Vacciniaceae*), характерных для бореальной зоны.

Для сравнения было проведено изучение флоры золоотвалов Южно-уральской ГРЭС (лесостепная зона) с интервалом в 19 лет. При обследовании золоотвалов в 1980 г. в растительных сообществах, формирующихся на золе и на золе с покрытием почвой было выявлено 92 вида, относящихся к 62 родам и 20 семействам.

Исследования флоры золоотвалов ЮУГРЭС, проведенные через 19 лет, показали, что на золоотвалах произошло значительное уменьшение видового разнообразия. Всего в растительных сообществах на «чистой» золе и на золе с покрытием было выявлено 64 вида, что на 28 видов меньше, чем в 1980 г., число родов также уменьшилось — с 62 до 53. Число семейств (21) не изменилось. Ведущие 10 семейств включают 82,3 % от общего числа видов. Древесные виды на золоотвале представлены одним видом - *Elaeagnus angustifolia* L.

Ведущее положение в структуре парциальных флор золоотвалов в обеих климатических зонах занимают семейства Asteraceae, Poaceae, Fabaceae. В растительных сообществах золоотвалов 30-летнего возраста в таёжной зоне они составляют 37,6 % а в лесостепной - 53,3 %. Порядок расположения семейств в разных зонах различается. Во флоре золоотвала ВТГРЭС (таежная зона) первое место по числу видов занимают семейства Asteraceae и Poaceae, далее следует Fabaceae, во флоре золоотвала ЮУ ГРЭС (лесостепная зона) - Asteraceae, затем следует Fabaceae, на третьем месте - Poaceae.

## **ГЛАВА 5. МИКОСИМБИОТРОФИЗМ ФИТОЦЕНОЗОВ ЗОЛООТВАЛОВ**

В растительных сообществах, формирующихся на золоотвалах Южноуральской и Верхнетагильской ГРЭС, расположенных в разных зонально-климатических условиях нами была изучена микотрофность у 131 травянистого вида в зависимости от свойств субстрата.

Проведенные исследования показали, что растительный покров всех участков золоотвалов представлен в основном микотрофными видами: на ВТГРЭС - 93,1 %, на ЮУГРЭС - 62,0 %. Подавляющее большинство видов в сообществах на «чистой» золе и на золе с покрытием грунтом являются слабомикотрофными. Виды, являющиеся субдоминантами и доминантами, имеют более высокие показатели степени микотрофности, это представители семейств Poaceae, Asteraceae, Fabaceae. Средние показатели степени микотрофности на золе чуть выше, чем на золе с покрытием грунтом. Процент микотрофных видов и средние показатели микотрофности в подзоне южной тайги выше, чем в лесостепной зоне. Микосимбиотрофические коэффициенты фитоценозов, формирующихся в условиях золоотвалов, ниже, чем в естественных сообществах таежной и лесостепной зоны.

## **ВЫВОДЫ**

Проведенные долгосрочные исследования на золоотвалах тепловых электростанций, расположенных в таежной и лесостепной зонах, позволили разработать схемы формирования растительности в зависимости от возраста и экологических условий и охарактеризовать направленность и динамику протекания этих процессов.

1. Зола золоотвалов тепловых электростанций представляет собой специфический субстрат, не имеющий аналогов в природе.

2. На золоотвале в таежной зоне на участках самозарастания зольного субстрата формирование растительности идет от первичных бескильничевых группировок к образованию простых разнотравно-злаковых растительных группировок. Со временем формируются злаково-разнотравные

и разнотравно-злаковые растительные сообщества с рединой древесных видов: *Betula pendula*, *Betula pubescens*, *Populus tremula* и ив, а также густые заросли ив.

Полосное нанесение фунта разнообразит экотопы, и определяет разнообразие растительности. На грунтовом покрытии формируются лесные фитоценозы со значительной долей участия, а иногда и доминирования *Pinus sylvestris*. На полосах с посевом многолетних трав при скашивании наблюдается задержка формирования древесного яруса.

Через 25-30 лет после проведения биологической рекультивации на значительной части золоотвала формируются лесные фитоценозы с доминированием *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Betula pubescens*, появляются единичные всходы хвойных пород: *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, формируется кустарничковый ярус из видов, характерных для бореальной зоны. На «чистой» золе на значительной части золоотвала при благоприятном увлажнении формируются травянистые сообщества с доминированием *Deschampsia cespitosa* с последующим внедрением деревьев и кустарников.

3. На золоотвале в лесостепной зоне на участках самозарастания "чистой" золы формирование растительного покрова идет медленно, от простых несомкнутых растительных группировок с обедненным видовым составом, в состав которых входят наиболее устойчивые к произрастанию на зольном субстрате виды местной флоры, среди которых много сорно-рудеральных. Через 35 лет на "чистой" золе формируется разнотравно—злаково-полынный фитоценоз с преобладанием *Festuca pseudovina*, *Poa pratensis*, *Calamagrostis epigeios*, *Artemisia dracunculus*.

На рекультивированном золоотвале после покрытия слоем почвы и посева многолетних трав сразу формируются продуктивные и хозяйственно ценные растительные сообщества с преобладанием высеянных видов. При дальнейшей трансформации культурфитоценозов произошло постепенное за 10-15 лет вытеснение культурных видов (особенно бобовых) дикорастущими. Через 35 лет после проведения биологической рекультивации на рекультивированном золоотвале сформировался разнотравно-полынно-злаковый фитоценоз с преобладанием *Poa pratensis* и *Agropyron cristatum*.

Рекультивационные мероприятия на золоотвалах ускоряют формирование растительного покрова, меняют направление развития фитоценозов и их динамику.

В растительных сообществах золоотвалов, формирующихся в разных экотопах, с увеличением возраста наблюдается увеличение



надземной фитомассы и относительного и абсолютного веса подземных органов травянистых растений.

4. Парциальная флора золоотвала Верхнетагильской ГРЭС (таежная зона) через 30 лет после проведения биологической рекультивации насчитывает 170 видов высших сосудистых растений, относящихся к 118 родам и 33 семействам. Ведущие 10 семейств включают 72,8% всех видов флоры. За 24 года во флоре золоотвала ВТГРЭС произошло значительное увеличение видового богатства за счет увеличения общего числа видов. Подробный систематический и биоэкологический анализ флоры показал, что на золоотвале происходят процессы сylvатизации, за счет усиления эдификаторной роли древесных видов, характерных для бореальной зоны.

5. Парциальная флора золоотвалов Южноуральской ГРЭС (лесостепная зона) через 35 лет после проведения биологической рекультивации насчитывает в растительных сообществах на «чистой» золе и на золе с покрытием почвой 64 вида сосудистых растений, относящихся к 53 родам и 21 семейству. Ведущие 10 семейств включают 82,3% всех видов флоры. За 24 года во флоре золоотвалов ЮУГРЭС произошло значительное уменьшение видового богатства. Подробный систематический и биоэкологический анализ флоры показал, что формирование растительности сопровождается значительной ее ксерофитизацией особенно в сообществах на «чистой» золе, в основном за счет лугово-степных видов, характерных для лесостепной зоны.

Формирование растительных сообществ золоотвалов как в таежной, так и лесостепной зонах идет по пути сближения с растительностью зонального типа.

6. Изучение микосимбиотрофизма травянистых видов на золоотвалах таежной и лесостепной зоны показало, что растительный покров всех участков золоотвалов, представлен, в основном, микотрофными видами. Виды, являющиеся доминантами и субдоминантами, имеют относительно высокие показатели микотрофности. Средние показатели микотрофности на золе выше, чем на грунте. Процент микотрофных видов и средние показатели микотрофности в подзоне южной тайги выше, чем в лесостепной зоне. Средние показатели микотрофности в растительных сообществах, формирующихся на золоотвалах ниже, чем в естественных сообществах зонального типа.

Наиболее высокие показатели микотрофности имеют виды, относящиеся к семействам Asteraceae, Poaceae и Fabaceae.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Чибрик Т. С., Кравченко Н. В. Флора и растительность золоотвалов в зависимости от зонально-климатических условий // Растения и промышленная среда. Свердловск: УрГУ, 1990. С. 8-22.

2. Кравченко Н. В., Чибрик Т. С. Микосимбиотрофизм фитоценозов на золоотвалах // Ботанические исследования на Урале: Информ. Материалы. Свердловск, 1990. С. 49.

3. Кравченко Н.В., Саламатова Н. А. Флористический состав растительных сообществ золоотвалов в таежной и лесостепной зонах // Растения и промышленная среда: Тез. докл. 1-й Всесоюз. науч. конф. Днепропетровск, 20-22 марта 1990 г. С. 28.

4. Кравченко Н.В., Саламатова Н. А. Оценка опыта биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций // Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития. Тез. докл. республ. науч. конф., посвящ. 25-летию Донецкого ботанического сада АН УССР (Донецк, сентябрь 1990 г.). Киев, 1990. С. 192.

5. Лукина Н. В., Глебова О.Б. Микосимбиотрофизм фитоценозов на золоотвалах // Экология и охрана окружающей среды: Тез. докл. на 2-й Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 12—15 сент. 1995 г.) Пермь, 1995. Ч. 3. С. 25-26.

6. Лукина Н.В. Микосимбиотрофизм фитоценозов золоотвалов // Экологические исследования на Урале. Екатеринбург. Изд-во Урал, унта, 1997. С. 109-120.

7. Чибрик Т.С., Глазырина М. А., Лукина Н. В. Роль рекультивационных мероприятий в формировании экосистем на золоотвалах // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Тез. докл. Междунар. совет. (Екатеринбург 26-29 авг. 1996 г.) Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С. 167-168.

8. Лукина Н.В. Флористический состав сообществ золоотвала Южноуральской ГРЭС // Б. П. Колесников - выдающийся отечественный лесовод и эколог. К 90-летию со дня рождения: Тез. докл. научн. конф. (Екатеринбург, 7-8 декабря 1999 г.). Екатеринбург: УрГУ, 1999. С. 64.

9. Лукина Н.В. Некоторые особенности формирования растительности на золоотвалах Южноуральской ГРЭС // Итоги интродукции и селекции травянистых растений на Урале. Екатеринбург: Изд-во Урал, унта 2001. С. 135-146.

Ю.Чибрик Т. С, Лукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И.  
Характеристика фиторазнообразия тридцатилетних золоотвалов тепловых  
электростанций // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных  
территорий. Материалы Междунар. науч. конф. (Оренбург, 30—31 января  
2001 г.). Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2001. С. 199-200.

*М.А. Глазырина*